Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Über geotaktische Bewegungen des *Bacterium Zopfii*

von

Dr. **Heinrich Zikes.**

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 1. Februar 1906.)

In einer früheren Arbeit[1] hatte ich darzulegen versucht, daß das merkwürdige Wachstum von *Bacterium Zopfii* auf Peptongelatine in senkrecht gestellten Strichkulturen der Ausdruck einer geotropischen Reizerscheinung ist, die darin besteht, daß sich von vielen Stellen des lotrecht aufgestellten Striches, durch sehr kleine Zwischenräume getrennt, federähnliche Fasern entwickeln, die stets in einem Winkel von 45° vom Strich aus nach aufwärts ausstrahlen.

Ich hatte damals zur Stützung meiner Ansicht verschiedene Versuche durchgeführt, welche ich der Übersichtlichkeit halber vorerst in Kürze wiederholen will. Dieselben sollten einerseits die Frage lösen, ob die fraglichen Erscheinungen tatsächlich auf Geotropismus zurückzuführen sind, andrerseits aber auch der Frage näher treten, ob an dieser Wuchsform nicht etwa eine außerordentlich große Empfindlichkeit dieses Organismus für Wärmedifferenzen schuld sei, wie M. W. Beijerinck[2] annahm.

Die Versuche nahmen ihren Ausgang mit der Beobachtung von sechs Gelatineröhrchen, welche in der Weise aufgestellt wurden, daß drei von ihnen normal standen, also die Öffnung

[1] Zentralblatt für Bakteriologie, II. Teil, XI. Bd., p. 59.

[2] Zentralblatt für Bakteriologie, XV. Bd., p. 799.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

oben hatten, die anderen drei sich aber in umgekehrter Lage befanden. In allen sechs Eprouvetten wuchsen die makroskopisch gut sichtbaren Hauptzweige der Kultur in einem ungefähren Winkel von 45° von der Strichlinie nach aufwärts, gleichgültig, ob sich die Öffnung der Eprouvette oben oder unten befand. Bei einer genaueren Besichtigung der verkehrt gestellten Kulturen konnte beobachtet werden, daß die Seitenzweige weniger steil nach aufwärts wuchsen, als bei den normal stehenden. Es wurde damals die Vermutung ausgesprochen, daß der Organismus seine Wachstumsrichtung teilweise zu Gunsten seines Bedürfnisses nach Sauerstoff geändert hatte, eine Annahme, welche jetzt durch genauere Untersuchungen vollauf bestätigt erscheint. Während sich *Bacterium Zopfii* in senkrecht gestellten Kulturen stets durch dieses gleichartige Wachstum auszeichnet, bieten die horizontal liegenden Kulturen ein ganz anderes Bild. Von einer Orientierung der Seitenzweige ist in diesem Falle keine Rede, sie wachsen wirr durcheinander.

Ferner wurden Strichkulturen an ein Rad befestigt, welches in der Vertikalebene so langsam gedreht werden konnte, daß es innerhalb zweier Minuten eine Umdrehung machte. Auch hier erwiesen sich die Seitenzweige der Kultur nach achttägiger Beobachtungszeit nicht orientiert und wuchsen wie bei den horizontal liegenden Eprouvetten wirr durcheinander. Weiters wurden in zwei Petrischälchen Strichkulturen angelegt und dieselben so plaziert, daß in der einen Schale der Strich vertikal, in der anderen horizontal auf der vertikal gestellten Oberfläche der Gelatine zu liegen kam. Vom Vertikalstrich hatten 15 Hauptästchen die Tendenz, nach aufwärts und nur drei nach abwärts zu wachsen. Am Horizontalstrich war die Entwicklung von sieben Hauptzweigen nach aufwärts und nur von einem Hauptansatz nach abwärts gerichtet.

Um auch die von Beijerinck aufgestellte Annahme zu überprüfen, wurden zwei mit Strichkulturen versehene Eprouvetten in die Wandung einer aus dickem Pappendeckel angefertigten Schachtel genau in der Weise eingepaßt, daß der Strich der Kultur in der Medialebene der Pappendeckelmasse zu liegen kam und von dem Strich aus sich der Organismus

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

sowohl nach dem Innern der Schachtel wie nach außen entwickeln konnte.

In der Mitte der Schachtel befand sich ein größeres Gefäß mit Eis, welches die Temperatur im Innern derselben während des ganzen Versuches stets um 5 bis 6° niedriger hielt, als die Temperatur der Außenluft betrug. Das Bakterium entwickelte die Seitenästchen in gleich kräftiger Weise sowohl in das Innere der Schachtel wie auch nach außen und zwar wieder schief aufwärts. Ferner wurde in einer längeren, senkrecht stehenden Eprouvette eine Strichkultur angelegt, die im unteren Teile durch Wasserumspülung ständig um 6° kühler gehalten wurde als im oberen Teile. Es zeigte sich auch bei dieser Versuchsanstellung in der regelmäßigen Anordnung sowie in der Mächtigkeit der Seitenzweige kein Unterschied längs der ganzen Strichkultur.

Nach diesen nur makroskopisch beobachteten Versuchen erschien es mir, daß *Bacterium Zopfii* in seinem Wachstum auf senkrecht gestellten Gelatinekulturen sich negativ geotropisch verhalte.

Ich griff nun, speziell auf Anregung Hofrat Wiesner's, die Untersuchung des *Bacterium Zopfii* neuerdings auf, da aus den beschriebenen Versuchen, die, wie gesagt, nur makroskopisch beobachtet wurden, kein definitives Urteil in der Richtung gefällt werden konnte, ob das Wachstum des Organismus tatsächlich auf Geotropismus basiere oder ob nicht vielleicht hiebei Geotaxis eine Rolle spiele. Der Kern der Frage bestand also darin, zu untersuchen, ob eine Wirkung des Schwerkraftsreizes bei der Orientierung der Kolonien des *Bacterium Zopfii* mit Sicherheit nachzuweisen ist und im Bejahungsfalle, ob die Reizwirkung eine geotropische, wie ich früher vermutete, oder eine geotaktische ist.

Rücksichtlich der Begriffsbestimmung des Geotropismus folge ich der Auffassung Wiesner's,[1] nach welcher der Geotropismus eine durch den Schwerkraftsreiz hervorgerufene Wachstumserscheinung ist, welche sich darin äußert, daß ein geneigtes Organ sich so lange krümmt, bis es in die Richtung

[1] Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 4. Aufl., p. 309.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Lotrechten gekommen ist, entweder nach abwärts (positiver Geotropismus) oder nach aufwärts (negativer Geotropismus). Geotaxis hingegen, welche im Gegensatze zum Geotropismus nur an frei beweglichen Organismen möglich ist, äußert sich darin, daß die letzteren unter dem Einflusse des Schwerkraftreizes sich unabhängig von den durch das spezifische Gewicht gegebenen Verhältnissen nach der Lotrechten durch Aufwärtsbewegung (negative Geotaxis) oder durch Abwärtsbewegung (positive Geotaxis) orientieren.

Nach Pfeffer[1] gibt es keine scharfe Grenze zwischen Geotaxis und Geotropismus. Nach ihm bezeichnet man mit Geotropismus die Reaktion festgewurzelter oder in anderer Weise fixierter pflanzlicher Organismen auf den Reiz der Schwerkraft, während es sich bei Geotaxis um dieselbe Orientierungsreaktion frei beweglicher Pflanzen handelt. Beide unterscheiden sich nur durch die Mechanik der Bewegung, während im übrigen der Reizvorgang der gleiche ist. Der Hauptunterschied in der Auffassung Wiesner's und Pfeffer's liegt darin, daß Wiesner die Bezeichnung Geotropismus speziell auf solche Richtungsänderungen einschränkt, die durch Wachstum hervorgerufen werden.

Bei der neuerlichen Inangriffnahme der Arbeit wurden vorerst die Rotationsversuche genauer und vielseitiger wiederholt. Es wurden zu diesem Zwecke zwei Eprouvetten auf einer Zentrifugenscheibe in der Weise befestigt, daß ihre Längsachse im Radius der Scheibe lag, demnach auch der Strich der Peptongelatinekultur eine axiale Lage hatte. Die Zentrifugenscheibe, welche in horizontaler Lage rotierte, machte ein bis zwei Umdrehungen in der Sekunde. Es zeigte sich, daß die Seitenzweige der Kultur während der Drehung nach dem Zentrum der Scheibe gewachsen waren. Auch in einer dritten Eprouvette, welche in einer Entfernung von 1 *dm* von der Achse tangential befestigt wurde, wuchsen die Seitenzweige der Kultur gegen das Zentrum der Scheibe. Wurde die Scheibe vertikal gestellt und in gleich schneller Weise, wie angegeben, gedreht, so ergaben sich bei ähnlicher Anordnung

[1] Pflanzenphysiologie, II. Teil, p. 247.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der Eprouvetten auf der Scheibe die gleichen Wachstumsbilder; die Seitenzweige wuchsen vom Strich aus stets sehr kräftig gegen das Zentrum der Scheibe, während auf der anderen Seite des Striches, die also nach außen lag, nur eine sehr schwache Bakterienanhäufung bemerkbar war. Bei den Versuchen, welche mittels Klinostat zur Ausführung gelangten, wurden die Eprouvetten wieder teils axial, teils tangential befestigt und die Scheibe in der Vertikalebene so langsam gedreht, daß jeder Punkt derselben innerhalb 40 Minuten einen Kreis beschrieb. Diese Versuche ließen die fraglichen Seitenzweige wirr durcheinander wachsen; eine regelmäßige Anordnung der Bakterien zu gleich gerichteten Fäden war in keiner Weise zu erkennen.

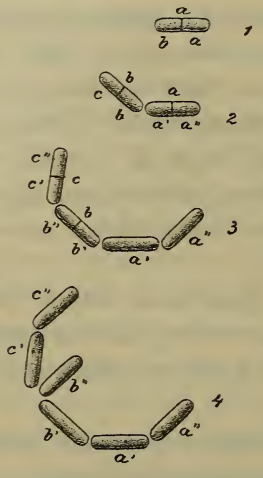
Faßt man die gesamten Ergebnisse dieser Rotationsversuche zusammen, so erhellt aus ihnen, daß die Kulturen des *Bacterium Zopfii* entschieden durch Schwerkraftwirkung beeinflußt werden.

Nun mußte weiter die Frage entschieden werden, ob die Gestalt oder die Form der Kulturen durch geotropische, wie bisher angenommen, oder durch geotaktische Reizwirkung zu stande kommt. Zur Aufklärung dieser Fragen wurde der schwierige Versuch gemacht, den Einfluß der Schwerkraft auf den Organismus von der einzelnen Zelle aus zu studieren. Es lag also die Aufgabe vor, zu konstatieren, ob die einzelne Bakterienzelle während der Entwicklung sich geotropisch durch ungleichmäßiges Wachstum nach aufwärts krümme oder ob das Individuum, ohne gestaltlich verändert zu werden, seine Lage im Raum ändere, also sich im geotaktischen Sinne orientiere.

Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang dies in folgender Weise: Es wurde auf die Mitte größerer Deckgläschen Peptongelatine in sehr dünner Schichte aufgestrichen und nach deren Festwerden kleine Tröpfchen aus einer ganz jungen Peptonwasserkultur des *Bacterium Zopfii* mittels engerer Kapillaren auf dieselbe aufgetragen. Diese Peptonwasserkultur enthielt das Bakterium in so geringer Menge, daß zirka ein bis zwei Individuen in einem der genannten Tröpfchen enthalten waren. Die so adjustierten Deckgläschen wurden auf eine sterile Böttcher'sche Kammer gesetzt, welche eine sehr

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

geringe Menge Wasser enthielt, um das Eintrocknen der dünnen Gelatineschichte hintanzuhalten. Hierauf wurde die Böttcher'sche Kammer auf dem Tische eines Mikroskopes



5

6

Figurenerklärung.

1. Nach $1^1/_2$ Stunden von Beginn der Beobachtung an.
2. » $4^1/_2$ » » » » » »
3. » 6 » » » » » »
4. » 8 » » » » » »
5. » zirka 24 Stunden von Beginn der Beobachtung an.
6. Schematische Darstellung der Fädenlage in einer innerhalb vier Tagen zweimal gewendeten Strichkultur.

sicher fixiert und der obere Teil des Mikroskopes horizontal gestellt, so daß der Tisch und daher auch die Gelatinefläche vertikal zu stehen kamen. Es wurde hierauf ein Stäbchen,

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

welches horizontal lag, in die Mitte des Gesichtsfeldes gebracht und unter ständiger mikroskopischer Beobachtung gehalten. Die weitere Entwicklung wurde, wie nachstehend angegeben, zwei- bis dreistündlich aufgezeichnet, wobei sich, wie aus der nebenstehenden Zeichnung ersichtlich ist, folgende Veränderungen ergaben:

Nach $1^1/_2$ Stunden der Beobachtung hatte sich das Ausgangsstäbchen *a* geteilt, ohne daß im mindesten eine Krümmung desselben eingetreten war. Nach weiteren 3 Stunden war die Trennung der Teilstäbchen *a* und *b* vollendet; das Tochterstäbchen *b* hatte seine ursprüngliche Lage verlassen und sich schief nach aufwärts gerichtet. Gleichzeitig hatten sich *a* und *b* weitergeteilt. 6 Stunden nach Beginn der Beobachtung waren vier Individuen vorhanden. Die Tochterzellen *a'* und *a''*, hervorgegangen aus *a*, hatten sich getrennt und a'' sich nach aufwärts orientiert. Ebenso hatten sich auch die Tochterzellen von *b* getrennt und es waren zwei Individuen, *b* und *c*, entstanden. Von diesen zeigte wieder *c* eine ausgesprochen geotaktische Orientierung, indem es eine nahezu lotrechte Lage eingenommen hatte, während *b* in der ursprünglichen Lage verblieben war. Nach ferneren 2 Stunden war an *a'* und *a''* keine weitere Veränderung eingetreten, während sich von den Teilstäbchen *b'* und *b''* das letztere schief nach aufwärts stellte und von den Teilstäbchen *c'* und *c''* das letztgenannte in einer zu *b''* nahezu parallelen Richtung nach schief aufwärts abschwenkte.

Am nächsten Morgen, 8 Uhr früh, war ein Zellcönobium entstanden, das, wie die Zeichnung versinnbildlicht, ein sich in die Länge streckendes Wachstum, das nach aufwärts gerichtet ist, erkennen läßt. Es dürfte auffallen, daß die Vermehrung des Bakteriums bei dieser Beobachtung verhältnismäßig langsam vor sich ging, doch sei hiezu bemerkt, daß als Nährboden eine sehr leicht flüssige Gelatine (6%) benützt wurde, die dem Organismus eine möglichst freie Beweglichkeit nach allen Richtungen schaffen sollte. Da diese Gelatine schon bei zirka 20° verflüssigte, war es geboten, die Versuche bei verhältnismäßig tiefen Temperaturen zu halten, wodurch das langsame Wachsen des Bakteriums erklärt wird. Die Beob-

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

achtung wurde ferner an zwei weiteren, gleichfalls horizontal liegenden Stäbchen wiederholt, wobei das eine fast das gleiche Teilungsbild wie das eben beschriebene bot, das andere aber zwei Züge von Bakterien zur Entwicklung brachte, die durch einen Zwischenraum getrennt waren, aber beide wieder die Tendenz hatten, nach aufwärts zu wachsen.

Im Anschluß hiezu sei noch bemerkt, daß das *Bacterium Zopfii*, wenn es in einem flüssigen Nährboden kultiviert wird, vollständig frei bewegliche Individuen zur Entwicklung bringt, die sich in Bezug auf Lokomotion wie einzellige Schwärmsporen verhalten; hingegen besteht die in Gelatine, namentlich in der verwendeten 6% sehr leicht fließenden Gelatine gewachsene Bakterienkultur aus sehr locker gebundenen Elementen. Die Einzelindividuen derselben sind nicht zu einem vielzelligen Organismus vereinigt, sondern durch Schleimhüllen untereinander locker gebunden.

Bei Betrachtung beiliegender Zeichnung kommt man nun zu folgenden Schlußfolgerungen: Da weder das Ausgangsstäbchen noch die Tochterstäbchen während ihres Wachstums bei horizontaler Orientierung auch nur im geringsten Krümmungserscheinungen zeigen, die neugebildeten Zellen vielmehr sich einzeln in der Schwerkraftrichtung orientieren, so kann die Reizwirkung der Schwerkraft nur als eine geotaktische angesehen werden. Würde diese Reizwirkung allein die Lage der Stäbchen beeinflussen, so müßten sich alle Stäbchen, die gebildet würden, lotrecht stellen und in dieser Richtung auch deren Epigonen weiterwachsen. Nachdem dies nicht der Fall ist, so muß noch eine andere Reizursache vorhanden sein, welche die Stäbchen aus dieser idealen, negativ geotaktischen Richtung abdrängt.

Es ist anzunehmen, daß ein chemotaktischer Reiz diese Rolle spielt. Die durch Geotaxis vorgeschriebene Lage eines Stäbchens wird also durch die Lage eines zweiten Stäbchens beeinflußt, indem die Ausscheidungsprodukte des letzteren das erste Stäbchen zwingen, eine andere Richtung, als der Geotaxis entspricht, einzunehmen.

Die Stellung der Stäbchen b', b'' und c' geben hiezu ein gutes Beispiel. b'' hätte sich im Sinne der Geotaxis parallel zu

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

c' stellen sollen, da aber c' bereits vor b'' bestanden, fand b'' in der Nähe von c' nicht mehr die günstigsten Ernährungsbedingungen, es schwenkte nach einer Richtung ab, wo der Nährboden sozusagen noch unangetastet, also von Zersetzungsprodukten frei war. Auch das Stäbchen c'' behielt die Richtung von c' nicht mehr bei, da es wahrscheinlich gleichfalls durch Ausscheidungsprodukte, welche sich oberhalb c' gebildet hatten, von dieser Stelle abgedrängt wurde. b'' und c'' sind zueinander parallel gerichtet und dürfte diese parallele Lage der erste Ausgang der Fadenbildung des Bakteriums sein, die zumeist aus mehreren Reihen von Zellen besteht.

Die weitere Entwicklung dieser Bakterienreihen oder der oft genannten Seitenfäden, welche das Bakterium in senkrecht stehenden Eprouvetten schief nach aufwärts aufbaut, wurde in seitlich flachgedrückten, sehr dünnwandigen, zirka 5 *mm* weiten Eprouvetten unter dem Mikroskope beobachtet. Es kommt hiebei zuerst vom Strich aus zu Entwicklungszentren, die in einer ungefähren Distanz von $^1/_5$ *mm* auseinander liegen.

Von diesen Orten stärkster Entwicklung beginnt nun die Fadenbildung, die sehr häufig aus parallel gerichteten, in der Ebene liegenden Bakterienfäden, seltener aus schraubig gedrehten Bakterienzügen, sehr selten aus einer einzelnen Bakterienreihe bestehen. Diese Fadenbildungen treten kräftig hervor und geben der ganzen Kultur das charakteristische Gepräge.

Von zahllosen Stellen dieser Hauptanlagen der Vegetation sowie auch aus den Zwischenräumen der Wachstumszentren vom Stich aus wachsen dann später oder noch während der Bildung der Hauptzweige zartere Fäden, die zumeist nur eine Zellreihe stark sind, in die umgebende Gelatine. In kürzester Zeit sind diese Stellen des Nährbodens von Bakterienzügen erfüllt, die für sich wieder vielfache Pseudodichtomien zur Entwicklung bringen. Die Hauptfäden sind stets schief nach aufwärts gerichtet, die Seitenfäden zweiter, dritter, vierter Ordnung aber sind nicht mehr geotaktisch orientiert. Die Individuen dieser Bildungen stehen schon zu sehr unter dem Einfluß der Chemotaxis, um noch durch Geotaxis alteriert werden zu können.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

Wie kräftig die Chemotaxis übrigens auf die Anlage der Kultur wirkt, ersieht man auch sehr schön an der Entwicklung des Organismus an der Oberfläche von Stichkulturen in Peptongelatine. Klatschpräparate zeigen, daß sich von der Mündung des Stiches aus die Hauptzweige radial entwickeln, also wie Speichen eines Rades ausstrahlen. Zwischen diesen Hauptzweigen, die wieder aus mehreren Reihen von Bakterien gebildet werden, ist die Gelatine von wirr durcheinander liegenden Bakterienzügen erfüllt.

Die Anlage der Hauptzweige ist eine radiale, da durch diese Anordnung der Nährboden am besten ausgenützt werden kann. Die ganze Anlage des Cönobiums steht auch hier ohne Zweifel unter dem Einfluß der Chemotaxis.

Als weitere Belege, daß *Bacterium Zopfii* seine Kulturen unter dem Einfluß der Erdschwere entwickelt, mögen noch folgende Versuche erwähnt werden:

In drei lotrecht gestellten, zirka 6 *cm* im Durchmesser fassenden, also sehr weiten Eprouvetten wurden auf Peptongelatine Strichkulturen angelegt. Es entwickelten sich die typischen Seitenfäden in gewohnter Weise schief nach aufwärts. Nach zwei Tagen wurden die Eprouvetten umgekehrt, so daß die Öffnungen derselben sich jetzt unten befanden; von den Endpunkten der jetzt nach abwärts gerichteten Fäden entwickelten sich nach aufwärts in gleicher Lage wie früher die Fortsetzungen. Als die Eprouvetten nach dem gleichen Zeitraum zum zweiten Mal umgekehrt wurden, wiederholte sich die Sache, die dritten Ansätze wuchsen wieder schief nach aufwärts. Diese dritten Ansätze hatten dieselbe Lage wie die ersten; beide waren zueinander vollständig parallel gerichtet und ließ jeder Faden eine sehr regelmäßige, zickzackförmige Gestalt erkennen.

Ferner möchte ich noch auf die Beobachtung hinweisen, die leicht nachkontrolliert werden kann, daß von einem Tropfen einer ziemlich dichten Aufschlemmung des *Bacterium Zopfii* in Bouillon, welcher auf einer senkrecht stehenden Peptongelatineplatte fixiert wurde, das Weiterwachsen der Bakterien in die umgebende Gelatine nur an der obersten Stelle im größten Maßstabe vor sich geht, während an anderen Punkten

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

der von dem Tropfen bedeckten Gelatine selbst nach längerer Zeit kaum eine Entwicklung des Bakteriums bemerkbar ist.

Der geotaktische Reizeinfluß auf das *Bacterium Zopfii* tritt übrigens auch in der Bouillonkultur ziemlich deutlich zu Tage. Ich bediente mich bei dieser Beobachtung enger, steriler Kapillarröhrchen, auf deren Verwendung für den gleichen Zweck schon Aderhold[1] aufmerksam machte. Es wurde in diese Kapillarröhrchen zuerst eine kleine Menge steriler Bouillon, hierauf, und zwar möglichst rasch, ein geringes Quantum einer dichten, jungen Kultur von *Bacterium Zopfii* in Bouillon aufgesaugt. Die Kapillarröhrchen wurden dann mittels Paraffin an beiden Seiten luftdicht verschlossen und mittels eines Gelatinetropfens an dem einen Ende auf einem Objektträger befestigt, welcher auf dem vertikal gestellten Tisch eines Mikroskopes eingespannt wurde. Ich konnte feststellen, daß aus der im untersten Teile des Kapillarröhrchens befindlichen, dichtstehenden Bakterienmasse sich die beweglichen Stäbchen nach aufwärts entfernten und in sehr kurzer Zeit weitabliegende Stellen der Bouillon im oberen Teile des Röhrchens erreichten. Hier schwammen sie, die meisten mit der Tendenz, höher zu steigen, lebhaft herum. Zu einer dichten Ansammlung derselben im obersten Teile der Bouillon kam es aber nicht, doch konnte bei einem Vergleich einer senkrecht gestellten mit einer horizontal liegenden Kapillare durch Messungen festgestellt werden, daß nach gleicher Zeit die beweglichen Stäbchen in der stehenden Kapillare weit größere Strecken durcheilt hatten als in der liegenden. Wurde die senkrecht stehende Kapillare nur am oberen Ende verschlossen, so entfernten sich auch die beweglichen Stäbchen vom unteren offenen Ende nicht. In diesem Falle wirkte der hinzutretende Luftsauerstoff der negativ geotaktischen Reizursache entgegen, was bei dem großen Sauerstoffbedürfnis des *Bacterium Zopfii* erklärlich ist.

Überblickt man nun den Inhalt vorstehender Mitteilungen, so kann man sagen, daß das *Bacterium Zopfii* sich unter dem Einflusse des Schwerkraftreizes nicht geotropisch, sondern

[1] Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften, 1888, p. 321.

Digitised by the Harvard University, Download from The BHL http://www.biodiversitylibrary.org/; www.biologiezentrum.at

geotaktisch, und zwar negativ geotaktisch orientiert. Der Schwerkraftsreiz wirkt hier orientierend auf eine frei bewegliche oder richtiger auf eine aus lose verbundenen Organismen bestehende Kultur ein. Es wurde ferner ersehen, daß die geotaktische Wirkung nicht in allen Teilen der Kultur zum Ausdruck kommt, sondern bei einem großen Teil der Einzelindividuen durch Chemotaxis alteriert, ja bei vielen durch diese Reizursache aufgehoben wird.

Der Einfluß der Schwerkraft auf die Bewegung der Bakterien ist bisher nur einmal, und zwar von Massart[1] für zwei marine Spirillen festgestellt worden, von denen sich die eine als negativ, die andere als positiv geotaktisch erwies.

---

[1] Bull. de l'Academie royal de Belg. 1891, p. 158.